

Eficiencia Energética en Escuela Rural de Pellegrini, Santiago del Estero

Gabriela Giuliano¹, Beatriz Garzón²

Resumen:

El presente trabajo tiene como objeto estudiar el rediseño arquitectónico para la adecuación térmico-energética de una escuela rural en Santiago del Estero, Argentina; con el propósito de contribuir a mejorar las condiciones de confort de los usuarios de este hábitat educativo, a través del empleo racional de la energía convencional. Los resultados alcanzados fueron: 1) Definición de condicionantes geográficas y climáticas, 2) Determinación de estrategias y selección de pautas bioambientales, 3) Análisis arquitectónico- tecnológico del prototipo estatal, 4) Rediseño del prototipo para su ajuste bioclimático, 5) Evaluación térmico-energética y comparación con valores normados, 6) Etiquetados en ambas situaciones. Como conclusión, se observa que es factible mejora la eficiencia energética de un prototipo estatal a un nivel de etiquetado energético óptimo "C" modificando los componentes que definen su envolvente y mediante el uso de materiales y técnicas de construcción tradicionales, permitiendo así su adecuación bioambiental.

Palabras clave: Escuelas rurales, Eficiencia Energética.

Energy Efficiency in Rural School Pellegrini, Santiago del Estero

Abstract:

This paper aims to study the architectural redesign for the thermal and energy adequacy of a rural school in Santiago del Estero, Argentina; in order to improve the comfort conditions of the educational habitat users through rational use of the conventional energy. The results obtained were: 1) Definition of geographical and climatic conditions, 2) Strategies determination and bioenvironmental patterns selection, 3) Architectonic-technological analysis of the state prototype, 4) Prototype Redesign for bioclimatic adjustment 5) Energetic-thermal evaluation and its comparison with regulated values, 6) Energy labeling in both situations. In conclusion, it is noted that it is feasible improve the energy efficiency of the state prototype to an optimal level of energy labeling "C", changing the components that define the envelope and through the use of materials and traditional construction techniques, thus allowing its bioenvironmental adequacy.

¹ Instituto de Tecnología Aplicada (CESPER-ITA - FCyTE- UNSE-CONICET). Av. Belgrano (S) 1912. Santiago del Estero Capital, Argentina. CP (4200) -Tel/fax:+ 54-385-4509560. e-mail: cesper@unse.edu.ar

² Cátedra de Acondicionamiento Ambiental- AA I. (CONICET - FAU –UNT), Av. Néstor Kirchner 1900. San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. CP (4000) Tel/fax:+ 54-381-4364093. e-mail: bgarzon@gmail.com

Keywords: Rural schools, Energy efficiency.

Introducción

Entre la enseñanza primaria y la secundaria, se estima que los estudiantes pasan unas 20.000 hrs en las escuelas. El ahorro de dinero en construcción, reforma o ampliación no tendría que ser determinante en el diseño de escuelas y de aulas; un principio general de diseño debería ser el de promover el desarrollo de la labor educativa en las mejores condiciones de habitabilidad, y seguridad; favoreciendo a la creación de un entorno saludable y óptimo para el aprendizaje y la participación de cada estudiante (Pauli, G.; 2011). En el caso de los niños, es un factor determinante en la motivación, interés, participación e integración la calidad de la infraestructura educativa; que además resulta de un punto de partida relevante en lo que se refiere a la igualdad de oportunidades y al mejoramiento de las condiciones de aprendizaje, y en particular de aquellos pertenecientes a los sectores sociales más desprotegidos. Con los docentes ocurre algo similar que con los alumnos, la apropiación del espacio y de los medios para que trabajen, constituye un inevitable primer paso que los sitúa (Flah, R., 2004). Numerosos grupos de investigación internacionales como (Mumovic et al., 2009; Almeida et al., 2015) han evaluado la calidad ambiental: térmica, acústica y del aire interior, en edificios escolares; donde comprobaron que en condiciones de confort el rendimiento cognitivo de los estudiantes se incrementa. En Argentina se ha analizado el consumo de energía en edificios escolares en distintas áreas geográficas- climáticas y las incidencias de mejoras tecnológicas (San Juan et al., 2000) y los estudios de diseño de protecciones solares de ventanas en escuelas de Mendoza (Pattini et al., 2009) y en Tucumán potenciando y favoreciendo iluminación natural (Gonzalo et al., 2006). Se realizaron auditorías higrotérmicas de registros de consumos y mediciones lumínicas en edificios educativos (Boutet et al., 2013). En el Colegio Secundario de Montaña “El Alfarcito”, de la provincia de Salta se diseñó la envolvente y los sistemas pasivos de colección solar que se instalaron para calentamiento de agua y calefacción; contribuyendo al ahorro de energía convencional (Hernández A. L., 2009). En la Pampa fueron proyectados y ejecutados diversos edificios escolares bioclimáticos, donde se controló el comportamiento térmico-energético mediante monitoreos en comparación con las simulaciones térmicas previamente realizadas; para la evaluación de temperaturas interiores y como se acercan las mismas a la situación de confort, según las distintas estaciones del año y en especial las críticas, donde se localizaron los establecimientos (Filippín et al., 2001). Hasta ahora, no existen antecedentes de escuelas con eficiencia bioclimática y energética en la provincia de Santiago del Estero. Por lo expresado anteriormente, el fin de la actual investigación es evaluar el comportamiento bioclimático y térmico- energético durante la situación crítica estival santiagueña, de un escuela primaria rural de tipología lineal elegida como caso de estudio y de su propuesta de rediseño arquitectónico con la mejora tecnológica de su envolvente, mediante diversos programas de cálculos, comparando los resultados en ambos casos y realizando sus etiquetados energéticos; para estimar particularmente en aulas, las condiciones de confort térmico y de ahorro energético respectivamente.

Objetivos

1. Analizar la disposición y la envolvente arquitectónica de un prototipo de escuela rural de producción estatal, en Santiago del Estero Argentina.
2. Proponer una alternativa de rediseño arquitectónico- bioclimático del prototipo.

3. Evaluar térmica y energéticamente los prototipos, realizando etiquetado de eficiencia energética, y comparando con los valores normados.

Metodología

Primero, se definen las condicionantes geográficas y climáticas de la localidad en estudio. Seguidamente se determinan las estrategias generales y seleccionan las pautas particulares, para la zona bioambiental donde se ubica la localidad de la escuela rural en análisis, según Norma IRAM 11603:1996 *“Clasificación Bioambiental de la República Argentina”*. Se realiza un análisis arquitectónico y tecnológico del prototipo estatal en su estado actual y desde su condición, se proyecta una propuesta de rediseño para su ajuste bioclimático. Luego se calculan los valores de transmitancia térmica para muros y techos en la condición verano del prototipo original y se lo compara con la Norma IRAM 11605:1996 de *“Valores máximos de transmitancia térmica”*; así se propone ajustes para los cerramientos de techos y muros en la composición y disposición de los materiales hasta lograr disminuir el valor de “K” para su mejora o verificar con el mínimo admisible. A continuación, se obtienen valores de cargas térmicas de refrigeración “ Q_R ”; y coeficientes volumétricos de refrigeración “ G_R ” de cálculo del prototipo original y el mejorado, verificando los avances y corroborando con valor de “ G_R ” admisible de la Norma IRAM 11.659 de *“Ahorro de energía en refrigeración”*. Seguidamente se utiliza la Norma IRAM 11.604:2001 de *“Ahorro de energía en calefacción”* con la cual se coteja las pérdidas de calor “G” calculadas con las admisibles de ambos prototipos y se calculan las cargas térmicas de calefacción anual “Q”. Finalmente se completa la evaluación térmico-energética con el etiquetado de ambas situaciones con el procedimiento indicado en la Norma IRAM 11900:2010 de *“Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios”*.

Resultados

1. Definición de condicionantes Geográficas y Climáticas

La escuela N° 757 (Fig. 1) se encuentra en la localidad de Quebrada Esquina a 30 km de la capital del departamento Pellegrini, ubicado al noreste de la provincia de Santiago del Estero. Esta localidad, pertenece a Zona Bioambiental “II-Cálida y subzona IIb, con amplitud térmica menor a 14° C”. Según clasificación bioambiental de la República Argentina (Fig. 2), Norma IRAM 11.603-2012.

Figura 1: Fotografías de la Escuela



Fuente: DGA de Santiago del Estero.

Figura 2: Ubicación Santiago del Estero, Zona Cálida IIb –Dpto. Pellegrini, Loc. Quebrada Esquina, Esc. N° 757



Fuente: Elaboración Propia.

El clima se caracteriza por un período estival muy cálido con las altas temperaturas y lluvioso entre los meses de octubre a marzo, en cambio la época invernal es seca, y registra temperaturas bajas (ver Tabla 1 y 2). Los vientos predominantes son de orientación “Noreste” desde Octubre a Febrero y viento “Sur” desde el mes de Junio a Septiembre.

Tabla 1: Datos geográficos de la zona

ZONA BIOAMBIENTAL	ÁREA GEOGRÁFICA	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
ZONA IIB: CÁLIDA Amplitud térmica <14 °C	Loc. Quebrada Esquina Dpto. Pellegrini	26°11'60"S	64°14'28"O	260 m.s.n.m.

Fuente: Norma IRAM 11.603-2012 y Elaboración Propia.

Tabla 2: Datos climáticos de la zona

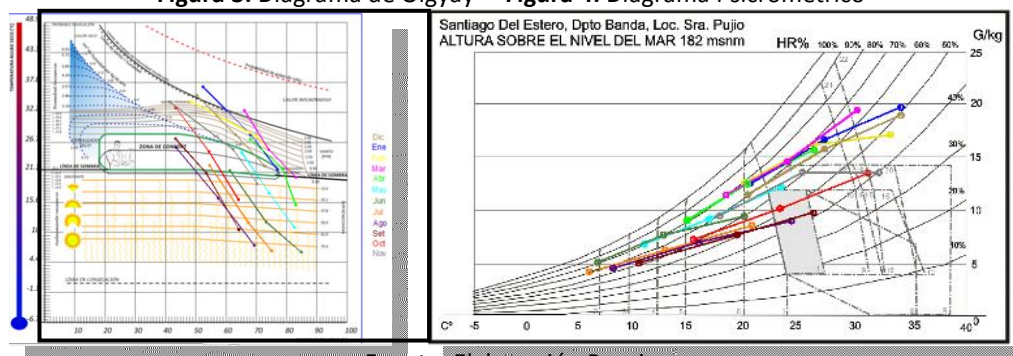
DATOS CLIMÁTICOS					
VERANO (DICIEMBRE)			INVIERNO (JULIO)		
(T. Min. Med; HR Máx.)	(T Med; HR Med)	(T. Max. Med; HR Min)	(T. Min. Med, HR Máx.)	(T Med; HR Med)	(T. Max. Med- HR Min)
20,1° ; 74%	26,7° ; 64%	33,8° ; 51%	5,6 °C ; 76%	12,4° C ; 68%	20,5° C ; 55%

Fuente: Servicio meteorológico Nacional (1992)-Elaboración Propia

2-Determinación de Estrategias y Pautas Bioambientales

Para determinar las Estrategias Bioambientales, se usaron los diagramas “Psicrométrico” y de Olgay”. A partir de los datos climáticos mensuales de la localidad en análisis: valores de temperatura y humedad relativa, de valores medios máximos, medios mínimos y medios medios; se trazaron segmentos sobre ambos diagramas. De las metodologías empleadas se obtuvieron y consideraron aquellas con mayor porcentajes en relación a su alejamiento de la zona de confort (Garzón, B; 2006) (Figura 3 y 4).

Figura 3: Diagrama de Olgay **Figura 4:** Diagrama Psicrométrico



Fuente: Elaboración Propia

Se observa en diagrama de Olgay (Figura 3), que las estrategias de Ventilación y Calefacción para la época estival e invernal, tienen porcentajes similares del 45% y la zona de confort es solo en 15% aproximadamente. Esto demuestra la amplia zona de inconfort durante la mayor parte del año, siendo necesario adoptar estrategias generales y pautas particulares de diseño, que permitan brindar el máximo de confort interno con mínimo costo de energías convencionales. De la lectura de la carta Psicrométrica (Figura 4), se obtuvieron los porcentajes más significativos resultando dos estrategias primordiales a tener en cuenta: calefacción solar pasiva con 47,8% y enfriamiento natural 16,5%; siendo los más importantes para periodos de verano e invierno respectivamente, a continuación se eligieron las Pautas Bioambientales correspondientes a cada estrategia:

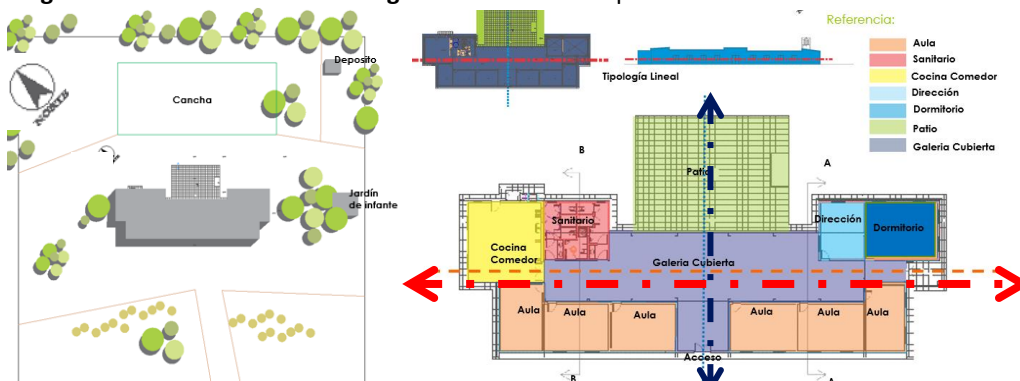
1. Estrategia de calefacción solar pasiva: Es una estrategia para aplicar en período de invierno; así el diseño del edificio debe favorecer a la captación, acumulación y distribución del calor. En este caso, se elige como adecuada la pauta de **“Ganancia directa por ventanas”**; y de **“Protección de Aberturas”** para controlar las pérdidas de calor.

2. Estrategia de enfriamiento natural: La ventilación natural es una estrategia para aplicar en período de verano y permite incrementar la sensación de confort al incidir sobre las personas. La pauta seleccionada para este caso es **“Ventilación cruzada”**.

3- Análisis arquitectónico- tecnológico del prototipo estatal

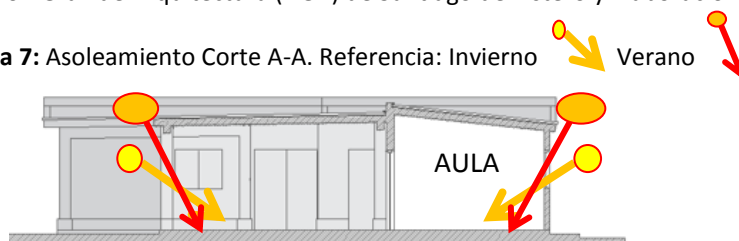
El edificio de la Escuela Nº 757, se implantó en el centro del terreno (Fig. 5). Se aprecia un esquema “lineal” con un eje principal donde aulas rectangulares y de diversas proporciones, se distribuyen en línea junto a las áreas de servicio y en forma simétrica en torno al eje transversal secundario. En cuanto al asoleamiento, la cantidad de superficie expuesta a la orientación noreste considerada “favorable”, es menor en comparación con la superficie expuesta a la orientación suroeste considerada “desfavorable” según Norma IRAM 11.603 que evalúa las orientaciones para cada zona bioclimática. El norte se encuentra a 45° en relación a la planta, con lo cual las aulas quedan orientadas en un eje SO- sudoeste. El patio se ubica en el interior del terreno en oposición al acceso principal, y junto con la circulación semicubierta y los servicios quedan hacia el NE-noreste (Fig. 6).

Figura 5: Ubicación en Terreno **Figura 6: Planta de Arquitectura con zonificación funcional**



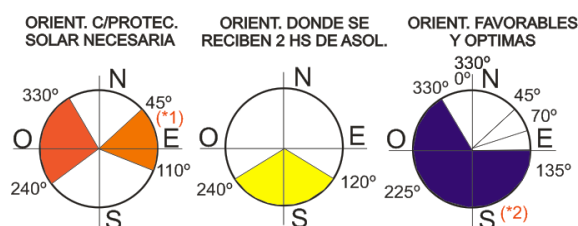
Fuente: Dirección Gral. de Arquitectura (DGA) de Santiago del Estero y Elaboración Propia.

Figura 7: Asoleamiento Corte A-A. Referencia: Invierno



Fuente: DGA Santiago del Estero y Elaboración Propia.

Figura 8: Orientaciones recomendadas Zona II-Cálida.



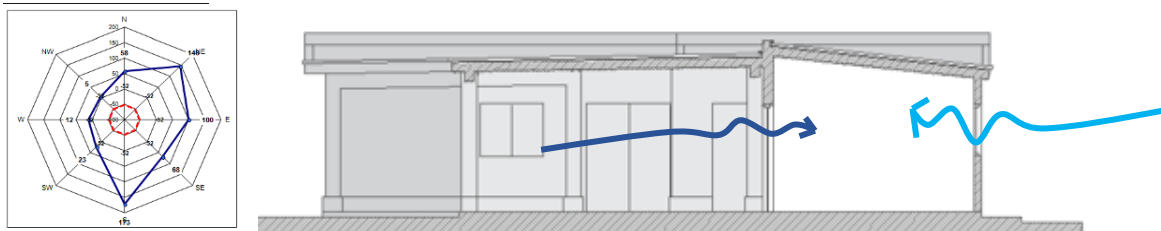
(*1) Protección Solar opcional (*2) Aberturas necesarias para ventilación cruzada

Fuente: Norma IRAM 11.603 [1] y Elaboración Propia.

No existen árboles, ni enramadas que arrojen sombra sobre los locales principales (Figura 5). La radiación incide directamente en las superficies verticales exteriores aumentando las ganancias térmicas al interior. Hay una galería que permite una circulación semicubierta como acceso común a todos los ambientes, que sombreen solo algunas paredes de ingreso a los locales (Figuras 6 y 7). Apenas un 25% de la superficie total de la escuela, se encuentra dispuesta hacia el cuadrante de orientaciones recomendadas por la normativa IRAM 11.603-2012 (Figura 8) que garantiza confort durante todo el año. Todas las aulas y los servicios cuentan con celosías de madera maciza en sus carpinterías, que pueden cerrarse o abrirse completamente sin permitir regularse según las necesidades de los usuarios, siendo posible corregir esta situación planteándose protección de parasoles de lamas horizontales y verticales móviles, para proteger del asoleamiento en los horarios críticos del periodo estival, pero permitir la explosión en invierno o cuando así se requiera.

Las aberturas en aulas permiten ventilación de los cuadrantes noreste-sur, en dirección a los vientos predominantes, sin embargo la ventilación no es cruzada (ver planta figura 6, solo aberturas en frente suroeste, no ambos frentes) por lo tanto la renovación de aire no es eficiente (Figura 9).

Figura 9: Rosa de Vientos (km/ h) Noreste en verano y Sur en invierno. y Corte A-A; La ventilación en aulas no es cruzada, no había un barrido de aire eficiente.



Fuente: Centro de Estudios energía y medio ambiente -EIAA - FAU – UNT y DGA Sgo. del Estero.

Características tecnológicas de la envolvente.

El prototipo estatal fue construido mediante un sistema tradicional de sistema estructural puntual de columnas y vigas de hormigón armado y cerramientos verticales exteriores no portantes, de ladrillo macizo cerámico de 0,15m de espesor. La estructura de los techos, es losa de viguetas pretensadas y bovedillas cerámicas con cubierta de tejas sin aislamiento térmico y con cielorraso aplicado interior del tipo cementicio (Figura 10).

Figura 10: Cerramiento lateral (mampostería) y superior exterior (techo) de la Escuela



Fuente: DGA de Santiago del Estero.

4- Rediseño de prototipo estatal, para su ajuste bioclimático.

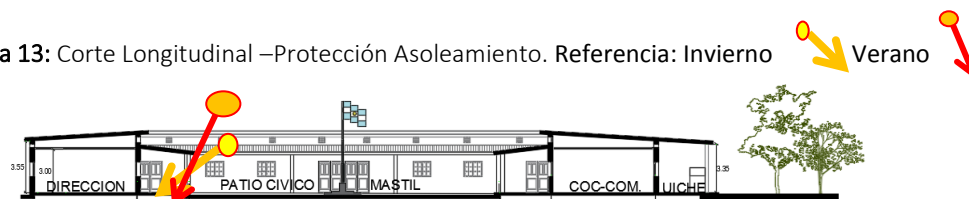
Se mantuvo el volumen en sector central del terreno, corrigiendo las dimensiones de las aulas para que posean todas idénticas medidas, de forma más óptima “cuadrada” según recomendaciones de *Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar* (Figuras 11 y 12). En la propuesta de ajuste bioclimático del prototipo se planteó girar el edificio, de manera que las aulas tengan mejor orientación en cuanto al asoleamiento “NE-noreste” con parasoles horizontales en los vanos y alero superior generando protección y una galería entorno al patio hacia el “SO-suroeste”. Con respecto a la configuración tipológica, el prototipo original es “lineal” y en rediseño se proyectó “central en U” entorno al patio. Este partido a diferencia del anterior, tiene la virtud de posibilitar el crecimiento futuro, con una circulación clara, continua y semicubierta. Además permite tener vistas directas desde cualquier punto hacia el patio cívico y el mástil, favoreciendo a la visión amplia del conjunto.

Figura 11: Planta de Implantación Prototipo Rediseñado **Figura 12:** Planta Arquitectura Prototipo Rediseñado



Fuente: Elaboración Propia

Figura 13: Corte Longitudinal –Protección Asoleamiento. Referencia: Invierno



Fuente: Elaboración Propia

Figura 14: Corte Transversal–Ventilación cruzada

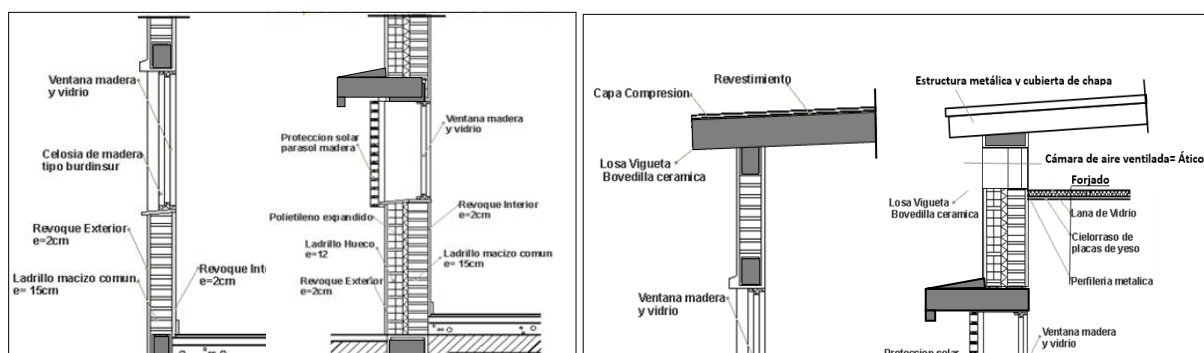


Fuente: Elaboración Propia

Las aulas mejoraron sus orientaciones, proporciones y dimensiones a las medidas reglamentarias de 7,2 x 7,2 m de eje a eje, con 52 m², al igual que los servicios (dirección - dormitorio docentes, núcleo sanitario y cocina-comedor). En relación a este último espacio de cocina –comedor, se ubicó un sector continuo, del tipo semicubierto para una unidad integrada de cocina-horno eficiente “UICHE” (Garzón, B.; Abregú, L. 2005), (ver Figuras 12, 13 y 14). En el espacio exterior, se propone tratar con vegetación diversa con uso climático y ornamental, protegiendo las fachadas de la radiación solar. En los elementos componentes de la envolvente, se rediseñó la composición de los cerramientos verticales exteriores; en busca de su mejora en el comportamiento térmico energético. A las paredes

de ladrillo macizo de 0.15 m se le incorporó hacia el exterior aislación de poliestireno y ladrillo cerámico hueco 0.12m. En cuanto a las aberturas de madera con protecciones de celosías, se propone cambiarlas por parasoles para sombrear las superficies de los vanos cuando así se requiera. (Figura 15). Al cerramiento superior de techo pesado de estructura de losa de viguetas pretensada con cubierta de tejas, se planteó modificarla a un techo liviano de estructura metálica de cubierta de chapa, con forjado (cielorraso suspendido) de placas yeso-cartón con aislamiento térmico de lana de vidrio de 50mm y ático o cámara de aire ventilada (Figura 15).

Figura 15: Detalle Muros Prototipo Estatal y Rediseñado— Detalle Techos de Prototipo Estatal y Rediseñado



Fuente: Elaboración Propia

5- Evaluación térmico-energética y comparación con valores normados

Transmitancia Térmica K ($W/m^2.K$)

Se calcularon los valores de transmitancia térmica de los cerramientos constructivos de muros y techo del prototipo estatal y del rediseño para condición de verano, por ser la más desfavorable para la zona. Se compararon los valores resultantes, en relación a los valores máximos de transmitancia térmica de muros y techos admisibles en Norma IRAM 11.605-1996 (Tabla 3).

Tabla 3: Valores de $K_{MAX ADM}$ ($W/m^2.K$) para la condición de Verano

Zona Bioambiental	Nivel A (Recomendado)		Nivel B (Medio)		Nivel C (Mínimo)	
	Muros	Techos	Muros	Techos	Muros	Techos
IIb	0,60	0,19	1,25	0,48	1,80	0,76

Fuente: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Norma IRAM 11605:1996.

Tabla 4: Valores de K_{CAL} ($W/m^2.K$) para la condición de Verano

Cerramiento Exterior	K_{cal}	$K_{max adm}$	Conclusión
Muro Prototipo Estatal	2.74	1,80	No Verifica Nivel C
Muro Prototipo Rediseñado	0,48	0,60	Verifica Nivel A
Techo Prototipo Estatal	1,14	0,76	No Verifica Nivel C
Techo Prototipo Rediseñado	0,46	0,48	Verifica Nivel B

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3, se establecen tres niveles diferentes de condiciones de confort higrotérmico recomendados; los cuales corresponden en grado decreciente al A: Recomendado, B: Medio, C:

Mínimo.; verificándose una mejora en la elección de los elementos constructivos de los cerramientos de mampostería y techo del segundo caso (Tabla 4-conclusiones).

Cálculo de G_R y Carga térmica de Refrigeración-Norma IRAM 11.659

Mediante el programa de cálculo “TRANS-Q-E”, se pudo obtener y analizar los valores de coeficiente volumétrico de refrigeración G_R y la carga térmica de refrigeración de los dos prototipos en forma comparativa. Resultando, en la propuesta de rediseño una mejora en la reducción de la carga térmica (W), disminuyendo un 48%, en relación al prototipo original. En el primer caso se evidencia la necesidad de utilizar sistemas activos de ventilación mecánica por no cumplir con el valor de G_R admisible estipulado por la norma IRAM 11.659. (Tabla 5); en cambio en el prototipo propuesto se utilizará como complemento para optimizar la ventilación debido a la rigurosidad climática estival, verificada la necesidad mediante Carta Psicrométrica (Figura 4), donde resultó determinada: la estrategia bioclimática: “Ventilación Mecánica con un 3,6%”.

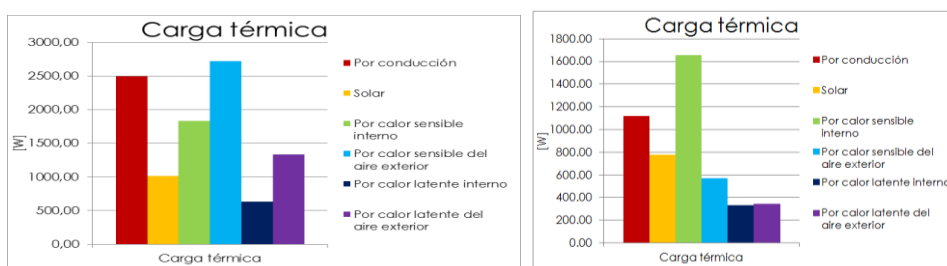
Tabla 5: Carga térmica del prototipo estatal (P.E) en comparación con prototipo propuesto (P.P)

P.E-COEF. VOLUMETRICO DE REFRIGERACIÓN (G_R)		P.P-COEF. VOLUMETRICO DE REFRIGERACIÓN (G_R)	
Carga térmica de Refrigeración (W)	10.038,18	Carga térmica de Refrigeración (W)	4.794,63
Volumen a refrigerar (m^3)	91,50	Volumen a refrigerar (m^3)	155,53
Coef. Vol. de refrigeración G_R (W/m^3)	110.88	Coef. Vol. de refrigeración G_R (W/m^3)	30,83
Coef. Vol. adm. de Refrig. $G_{R adm}$ (W/m^3)	37,31	Coef. Vol. adm. de Refrig. $G_{R adm}$ (W/m^3)	31,39
$G_R > G_{R adm}$	No Verif.	$G_R < G_{R adm}$	Si Verif.

Fuente: Elaboración Propia

La disminución de la carga térmica de refrigeración (W) en la propuesta de rediseño es evidente en todos los ítems de análisis (Figura 16). Por ejemplo esto se debe, a una mejora en el nivel de aislamiento térmico de la envolvente, por lo cual disminuyeron las ganancias por conducción, así mismo al ajustar la protecciones solares de vanos se redujeron las ganancias por asoleamiento y con la optimización del sistema de iluminación, descendieron las ganancias por calor sensible interior.

Figura 16: Gráficos de Carga Térmicas, Prototipo Estatal y Rediseñado.



Fuente: Elaboración Propia -Programa TRAS-Q-

Coefficiente Volumétrico de Pérdida de Calor -Norma IRAM 11.604

La norma IRAM 11.604-2001 de *Aislación Térmica de Edificios*, permite evaluar los mismos con el objeto del ahorro energético en función del coeficiente volumétrico de pérdida de calor “ G_{cal} ”, que tiene en cuenta las pérdidas a través de cerramientos opacos y no opacos, en contacto con el terreno y renovaciones de aire de locales. Se utilizó el programa “TRANS-Q-E”, para el cálculo de coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor, de la carga térmica de calefacción y de la demanda de energía.

Puede observarse en el resumen de la tabla 6, que los valores obtenidos del cálculo del prototipo original no verifican, mientras que en el propuesto se logra optimizar el coeficiente considerado, en relación al valor admisible por la norma de referencia.

Tabla 6: Valores comparativos de G cálculo y G admisible en ambos prototipos

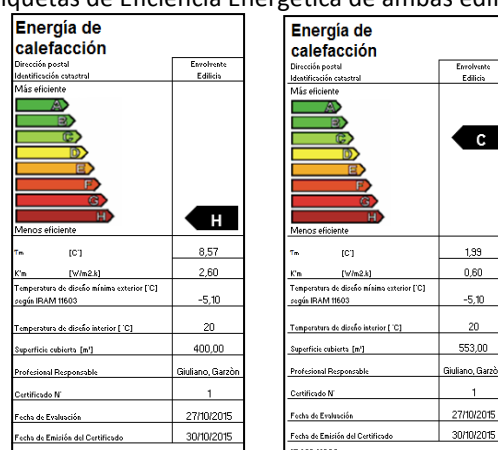
P.E-COEFICIENTE VOLUMETRICO DE Pe. DE CALOR (G)		P.P-COEFICIENTE VOLUMETRICO DE Pe. DE CALOR (G)	
G= perd v. Transm + cap calorif x renov de aire	W/m ³ .k	G= perd v. Transm + cap calorif x renov de aire	W/m ³ .k
G _{cal} =	4.744	G _{cal} =	1.384
G _{adm} (IRAM 11.604)=	2.099	G _{adm} (IRAM 11.604)=	2.099
G_{cal} > G_{adm}	No Verif.	G_{cal} < G_{adm}	Si Verifica

Fuente: Elaboración Propia

6- Etiquetado de Eficiencia Energetica -Norma IRAM 11.900

Mediante el programa de cálculo “EtiquEArq”, se pudo obtener el etiquetado del nivel de eficiencia energética de calefacción de ambos edificios escolares, el prototipo estatal y su propuesta de rediseño; según la transmitancia térmica de los elementos componentes de las respectivas envolventes, en relación a parámetros específicos en norma IRAM 11.900. La norma establece como temperatura interior de diseño 20°C. Especifica ocho clases de eficiencia energética, de acuerdo a la variación media ponderada de la temperatura (ζ_m), entre la superficie interior de la envolvente y la temperatura interior de diseño en grados Celsius. El prototipo estatal resultó, clasificarse en clase “H”, la de menor eficiencia mientras que el rediseñado mejora su eficiencia al tercer escalafón de clase “C” del grupo verde, de los de mayor u óptima eficiencia (Figura 17).

Figura 17: Etiquetas de Eficiencia Energética de ambas edificios escolares



Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones

Considerando las condiciones descriptas del prototipo estatal, se evidenció la necesidad de proponer alternativas de nuevas soluciones, que permitan mejorar el confort higrotérmico de los usuarios del edificio escolar: niños, docentes y padres pertenecientes a la comunidad educativa de la localidad en estudio. Al definir las estrategias bioclimáticas consideradas para la zona bioambiental en análisis “IIb- Cálida”, se pudo seleccionar entre las pautas de diseño que se consideraron más óptimas para una producción del hábitat escolar con adecuación bioclimática al contexto, que mejor respondan a

necesidades térmico-energéticas, de ventilación, tecnológicas, entre otras. Las estrategias de diseño a nivel emplazamiento en el terreno, configuración morfológica y funcional, que se tuvieron en cuenta para la reformulación del prototipo dieron lugar a un partido compacto-central en “U” en torno al patio cívico. Se propuso mantener el plan de necesidades arquitectónico, rediseñar su forma, reubicar funciones y disposiciones tecnológicas en general, de manera de posibilitar el uso racional de la energía. Esto permitió asegurar la apertura al crecimiento futuro y que todas las aulas tengan las mismas posibilidades de asoleamiento, ventilación y protecciones. Se sombrearon las aberturas de la envolvente (N) mediante el uso de aleros y parasoles horizontales. Las superficies expuestas a las mayores cargas térmicas E y O, se trataron también con vegetación de hojas caducas. A nivel de su resolución tecnológica, el muro y techo del edificio escolar estatal no verificaba el nivel mínimo C de cálculo de transmisión térmica “K” ($W/m^2.K$) establecido por la Norma IRAM 11.605-1996; con la mejora de la elección y disposición de los elementos constructivos en la envolvente rediseñada, se produjo la disminución del valor de cálculo de “K”; que permitió verificar el nivel “B - medio” para el techo y “A- recomendado” para los muros; como indican los valores de referencia de norma IRAM 11.605. Con respecto al etiquetado de eficiencia energética en el caso del prototipo rediseñado se levantó al tercer nivel “C- óptimo”, mejorando cinco posiciones desde el último escalafón “H- deficiente” medido en el prototipo original; según valores establecidos por norma IRAM 11.900. Los nuevos cerramientos que se estudiaron hasta nivel de detalles constructivos, fueron conformados con el fin de disminuir las pérdidas y ganancias de calor en las diferentes estaciones del año, permitiendo colaborar en el ahorro energético para calefacción y disminuir el uso de sistemas activos para refrigeración. Este trabajo permitió idear un conjunto de pautas que podrán aplicarse en diseños de edificios escolares nuevos y que lograrán ahondar en mejoras para futuras reformas de edificios escolares en general y en particular de la Escuela N° 757 de Santiago del Estero. De esta manera, el aporte contribuye al propósito de optimizar las condiciones de confort en la habitabilidad y por consiguiente, de la calidad de vida en las comunidades escolares.

Bibliografía

- Almeida R.; Freitas V.; Delgado J. (2015) *School Buildings Rehabilitations. Indoor Environmental Quality and Enclosure Optimization*. Springer. Page 3. ISBN 978-3-319-15359-9
- Boutet M.; Hernández A.; Jacobo G. (2013) *Propuesta de optimización del comportamiento higrotérmico – lumínico, de un edificio escolar de la región N.E.A., a partir de monitoreo y simulación en período de otoño*. Acta de la XXXVI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 1, pp.05.01-05.10, 2013. Impreso en la Argentina. ISBN 978-987-29873-0-5
- Filippín C.; Bescochea A.; Gorozurreta, J. (2001) *Comportamiento Higrotérmico y Energético de la Escuela Bioclimática de Catriló en la Provincia de La Pampa*. AVERMA, Volumen 5. ISSN 0329-5184.
- Flah R. (2004) *Escuela Móvil en Ámbitos Rurales*. Nobuko. Pág. 44. ISBN 9789871135806.
- Garzón, B.; Abregú, L. (2005). *Unidad integrada de cocina-horno eficiente “UICHE”*. Manual para la construcción y recomendaciones para usarla. Secretaria de Estado de desarrollo social de la provincia. San Miguel de Tucumán-Tucumán. ISBN 987-43-9069-7.

- Garzón, B.; Mendonca C. (2012). *TRANS-Q-E: Programa calculador de transmitancia, cargas térmicas de calefacción y refrigeración y consumos energéticos, según Normas IRAM 11601:2002, 11605:1996; 11604:2001, 11659.*
- Garzón, B.; Giuliano G. (2015). *EtiquEArq: Programa de Cálculo del Etiquetado de Edificios. Determinación del Nivel de Eficiencia Energética de Calefacción según normas IRAM 11.900.*
- Gonzalo G.; Ledesma S.; Quiñones G.; Márquez Vega G. (2006). *Diseño de ventanas unilaterales en aulas escolares de Tucumán.* AVERMA, Volumen 10. ISSN 0329-5184.
- Gunter Pauli (2011). *La Economía Azul: 10 años, 100 innovaciones, 100 millones de empleos. Un informe para el club de Roma.* Editorial Tusquets. ISBN 9788483833049.
- Mumovic, D.; Crowther, J.; Stevanovic, Z. (2009) *Analysis of Local Concentration Gradients in a Complex Built Environment: Implications for Air Quality Management Areas.* The International Journal of Environment and Waste Management; Volumen 4, No. 1/2, pp. 140-155
- Normas: IRAM 11603:1996. *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.* Norma IRAM 11601:2002. *Aislamiento térmico de edificios, métodos de cálculo.* Norma IRAM 11605:1996. *Acondicionamiento térmico de edificios, condiciones de habitabilidad en edificios.* IRAM 11604:2001. *Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción.* IRAM 11659. *Ahorro de energía en refrigeración.* IRAM 11900:2010. *Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios.* Instituto Argentino de Normalización.
- Pattini A.; Villalba A.; Córlica L.; Ferrón L.; del Rosso R. (2009). *Elementos de control de luz solar directa en fachadas vidriadas de edificios no residenciales de ciudad oasis. Rediseño para aulas.* Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 13, 2009. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184
- San Juan G.; Hoses S.; Gonzalez D.; Piñeyro J. (2000). *Evaluación Energética e Incidencia de Mejoras Tecnológicas en Tipologías Escolares Bonaerenses.* AVERMA, Volumen 4. ISSN 0329-5184.

Autores

Gabriela Giuliano es Arquitecta y Profesora en Educación Secundaria de la Modalidad Técnico Profesional y Becaria Doctoral CONICET- MinCyT- FCyTE- UNSE. gm.giuliano@gmail.com

Beatriz Garzón es Arquitecta, Doctora en Ciencias en el Área de Energías Renovables; Especialista en Gerencia y Vinculación Tecnológica; Investigadora Adjunta de CONICET; Directora de Proyectos de IAP. Docente-Investigadora Nivel II del MinCyT-MEN; Profesora Adjunta de la Cátedra de Acondicionamiento Ambiental II, IAA, FAU, UNT. bgarzon@gmail.com.